



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR VERKEHR



Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

# Nachhaltige Optimierung und ganzheitliche Bilanzierung von Lärmschutzbauwerken

Peter Brandstätt und Mark Koehler  
DAGA 2023, Hamburg, 9. März 2023



---

# KLIMANEUTRALER LÄRMSCHUTZ

# KLIMANEUTRALER LÄRMSCHUTZ

## Übersicht

### Schallabsorbierende Lärmschutzanlagen mit Photovoltaik

### Bautechnische Lösungen? Zielkonflikt Akustik und Stromertrag? Gesetzliche Anforderungen und Regeln?

1

Nachhaltigkeit von Lärmschutzbauwerken und Zielkonflikte

2

Aufbau von und Anforderungen an Lärmschutzbauwerke

3

Akustische Kenngrößen, Messungen und Einfluss von PV-Modulen

4

Nachhaltigkeit von Lärmschutzwänden durch Photovoltaik

5

Ausblick



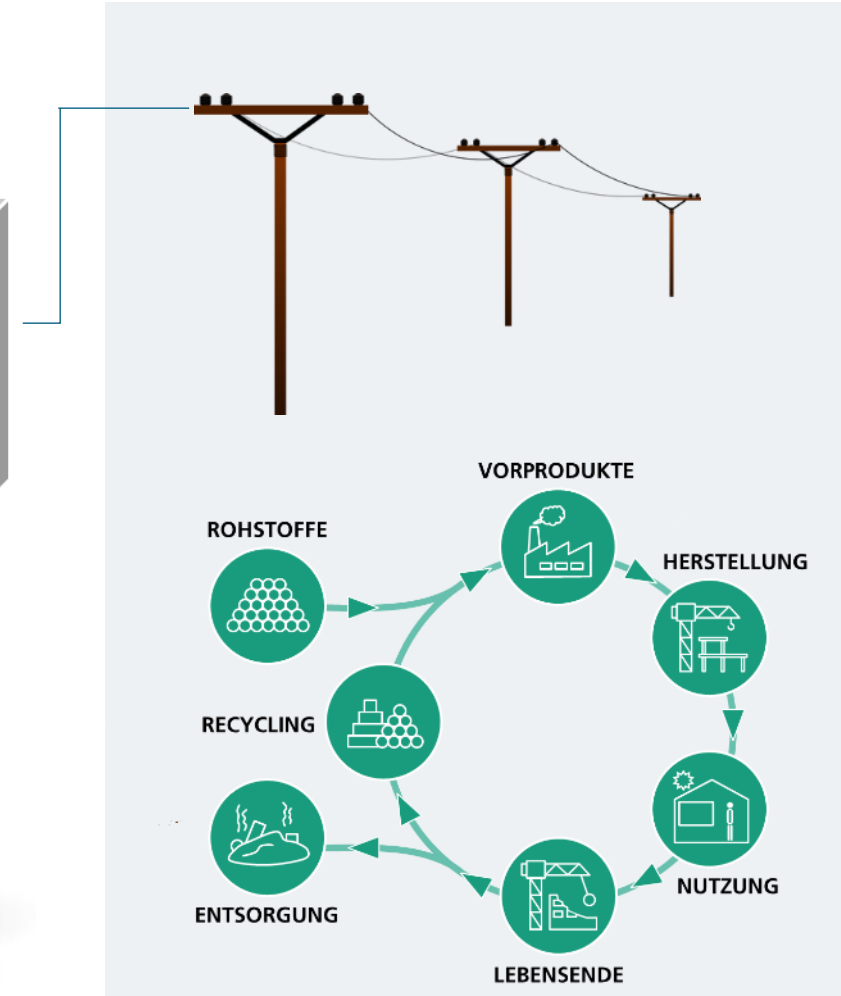
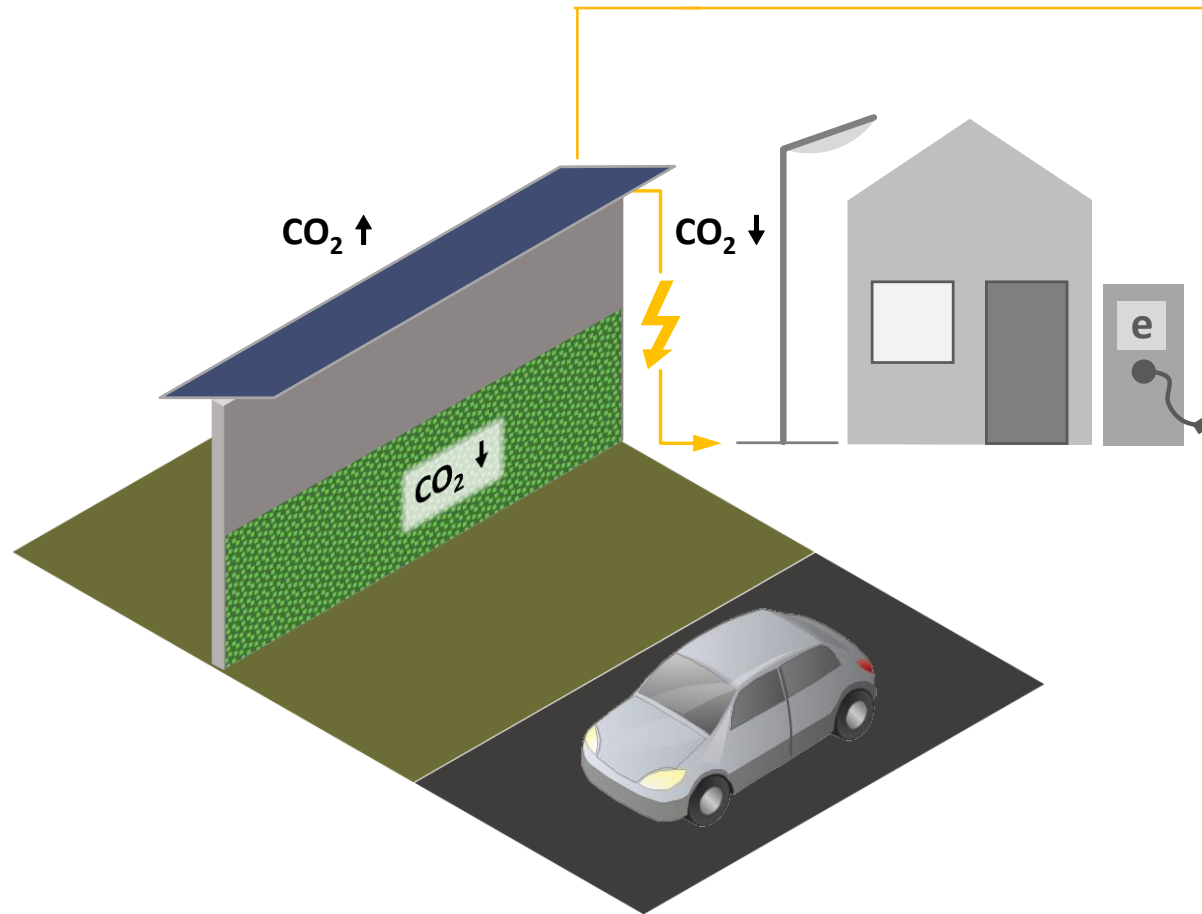


# Voraussetzungen und Hemmnisse

© Shutterstock

# Nachhaltigkeit und Lärmschutz

Ökobilanzierung, Akustik, Stromanbindung und Abnahme



# Projekt-Workshops und weitere Abstimmungen

Ermittlung der Abhängigkeiten und Hemmnisse bei der Umsetzung

## Planungsverantwortliche nach Straßentyp

- Zuständigkeit
- Beteiligte Behörden und Ämter
- Autobahn GmbH
- Bahn, DZSF
- Energieversorger

## Geschäftsmodelle zur PV-Nutzung

- Direktnutzung an der LSW oder Straße
- Nutzung zum Betrieb peripherer Komponenten
- Einspeisung und Übernahme durch Energieversorger
- Nutzung durch Stadt, Kommune oder lokale Anwohner

## Akustik und konstruktive Ausbildung

- Festlegung der Anforderung
- Ausführungsvariante
- Kombination Schallabsorption und PV-Module
- Standsicherheit
- Anprallschutz

## Betrieb und Zuständigkeiten

- Verantwortlichkeiten und Gewährleistung
- Wartung Lärmschutzbauwerk versus Wartung PV-Anlage

**Hoher  
Abstimmungsbedarf**

**Geschäftsmodell oft  
unklar/nicht geregelt**

**Komplexe  
Anforderungen**

**Gesteigerter  
Wartungsaufwand**





# Akustik und Photovoltaik

# Betrachtete Systeme

3 Typen von Lärmschutzwänden, alle mit Betonsockel und Stahlträger

## Holz-kassette



## Aluminiumkassette



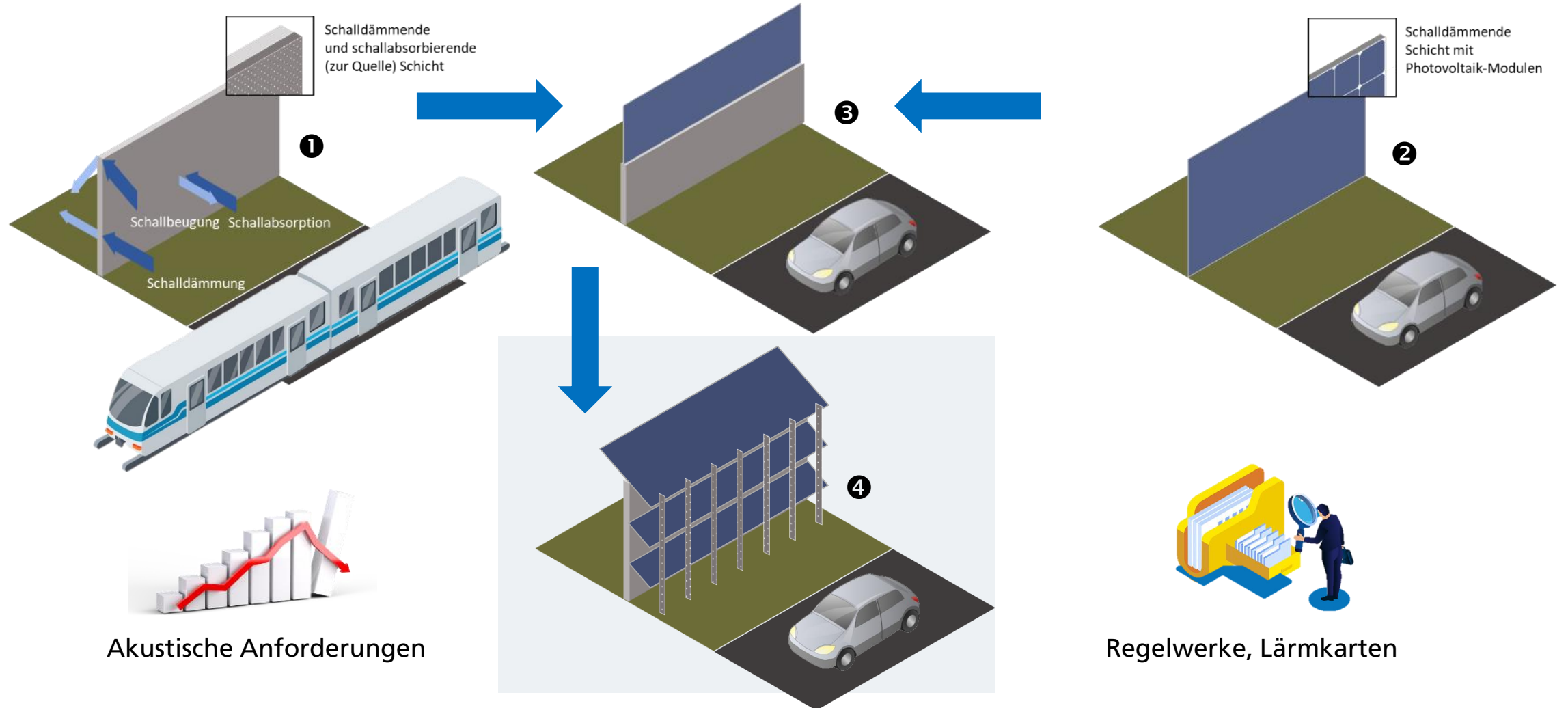
## Betonwand





# Akustik und Nachhaltigkeit

Anforderungen und Ansprüche an den Lärmschutz, Umsetzungen in der Praxis





# Akustische Eigenschaften von Lärmschutzwänden

Schallabsorption

Schalldämmung



ZTV-Lsw 06



Anforderungen

$DL_{\alpha,NRD} \geq 8$  dB (hochabsorbierend)

$DL_{\alpha,NRD} = 4-7$  dB (absorbierend)

$DL_{\alpha,NRD} = 0-3$  dB (reflektierend)

$DL_{\alpha,NRD} \triangleq$  Labormesswert ermittelt nach DIN EN 1793-1

Gemessen wird die Verbesserung der Nachhallzeit im Hallraum (Diffusfeld), daraus wird der Absorptionsgrad berechnet

ZTV-Lsw 06



Anforderungen

$DL_R \geq 24$  dB

$DL_R \triangleq$  Labormesswert ermittelt nach DIN EN 1793-2

Gemessen wird die Differenz der Schalldruckpegel zwischen zwei Räumen im Diffusfeld.  $DL_R \triangleq R_w + C_{tr}$

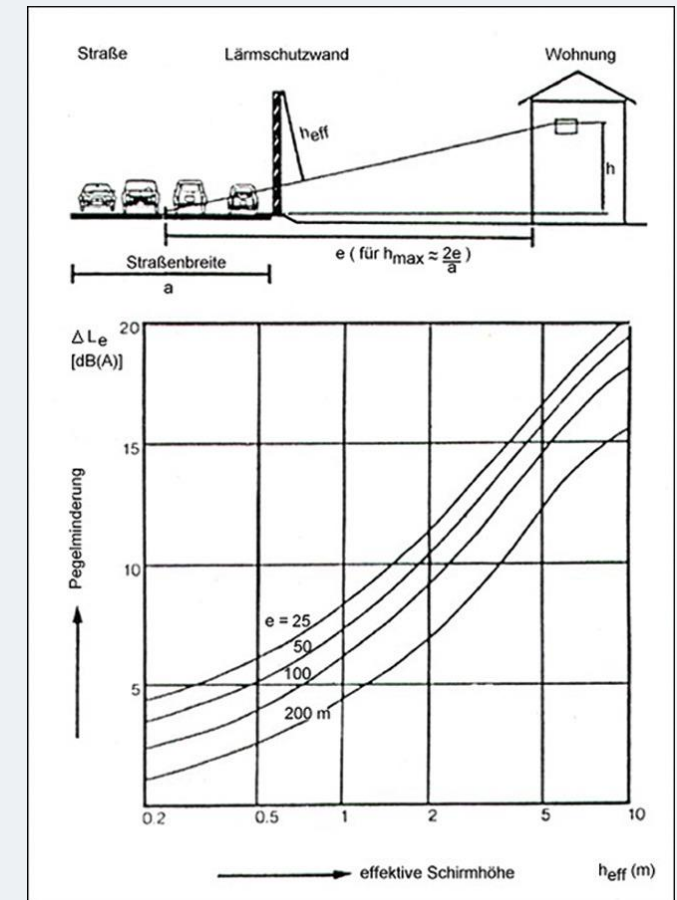
# Akustische Eigenschaften von Lärmschutzwänden

## Schirmwert

## Anforderungen ergeben sich aus Lärmkarten und Nutzungs-/ Bebauungsplänen

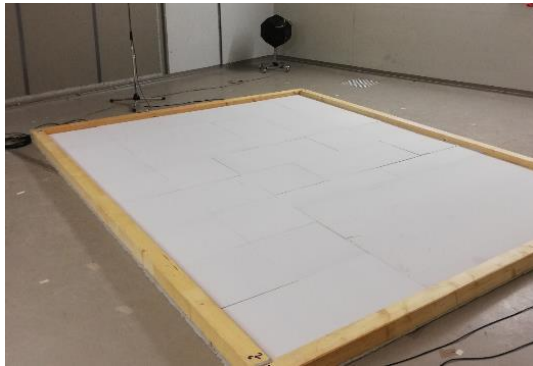
$\Delta L_z$  ist abhängig von der Geometrie (Höhe und Abstand der Wand zu Quelle und Empfänger), jedoch selten größer als 15 dB

$\Delta L_z$  kann nur als Einfügungsdämmung (gleiche Messbedingungen vor und nach dem Bau der Wand) messtechnisch ermittelt werden und wird daher vorab nach RLS90, Schall03 sowie DIN ISO 9613-2 berechnet.



# Schallabsorptionsgrad im Hallraum nach DIN EN 1793-1

## Einfluss flächenintegrierter PV Module auf die gemessene Schallabsorption



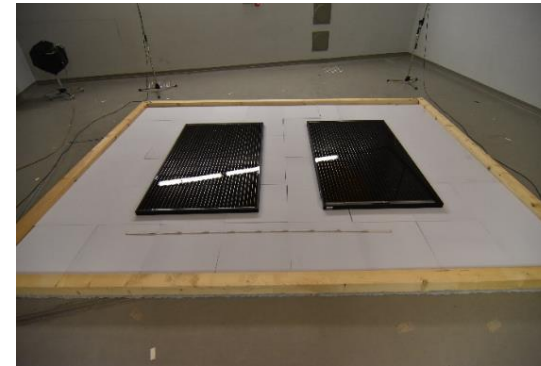
Modell einer  
hochabsorbierenden  
Lärmschutzwand

$DL_{\alpha, \text{NRD}} = 9 \text{ dB}$   
(hochabsorbierend)



PV flächenintegriert  
12 % Belegung

$DL_{\alpha, \text{NRD}} = 7 \text{ dB}$   
(absorbierend)



PV flächenintegriert  
24 % Belegung

$DL_{\alpha, \text{NRD}} = 5 \text{ dB}$   
(absorbierend)



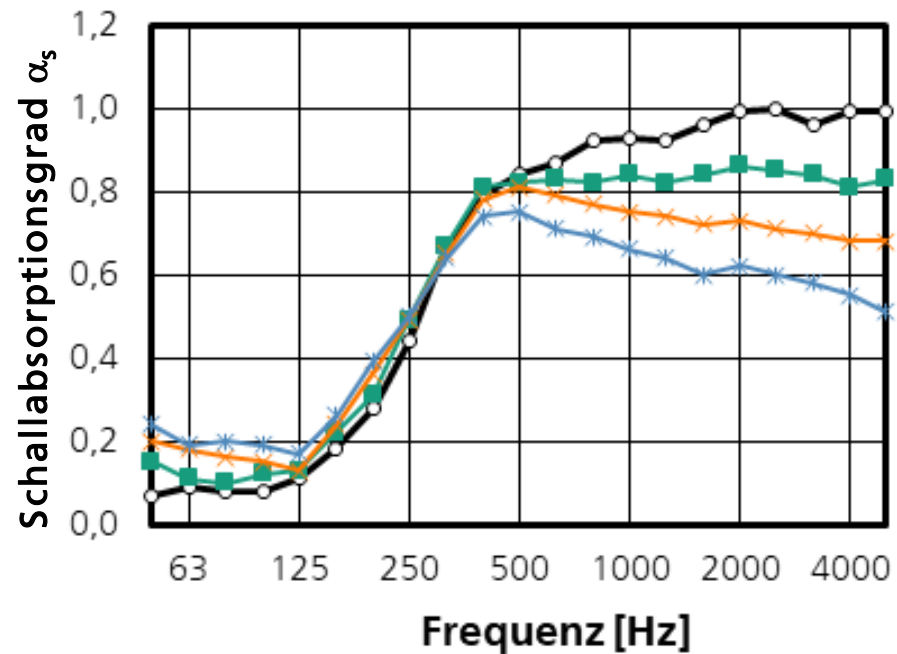
PV flächenintegriert  
36 % Belegung

$DL_{\alpha, \text{NRD}} = 4 \text{ dB}$   
(absorbierend)



# Schallabsorptionsgrad im Hallraum nach DIN EN 1793-1

## Einfluss flächenintegrierter PV Module auf die gemessene Schallabsorption

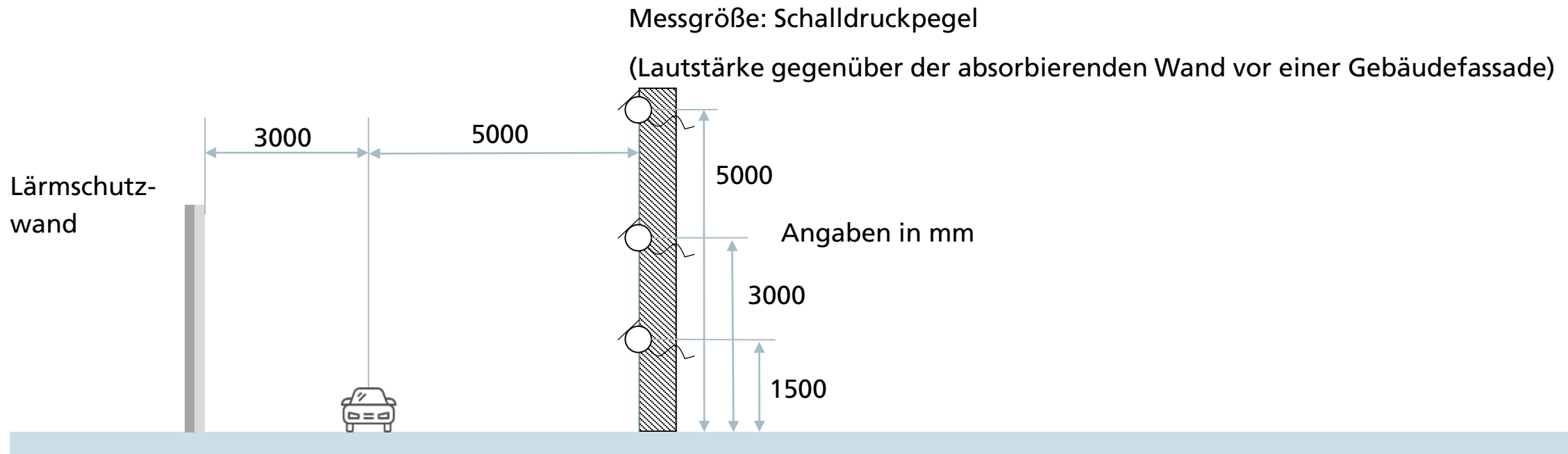


- Ohne PV:  $DL_{\alpha, NRD} = 9$  dB (hochabsorbierend)
- 12 % Belegung:  $DL_{\alpha, NRD} = 7$  dB (absorbierend)
- ×— 24 % Belegung:  $DL_{\alpha, NRD} = 5$  dB (absorbierend)
- \*— 36 % Belegung:  $DL_{\alpha, NRD} = 4$  dB (absorbierend)

Bereits ab 12 % Belegung (1 PV Modul pro 12 m<sup>2</sup>) eine Unterschreitung der Anforderungen »hochabsorbierend«

# Reflexionsindex und Schalldruckpegel vor einer Lärmschutzwand

Einfluss der Anordnung vorgesetzter PV Module auf eine hochabsorbierende LSW

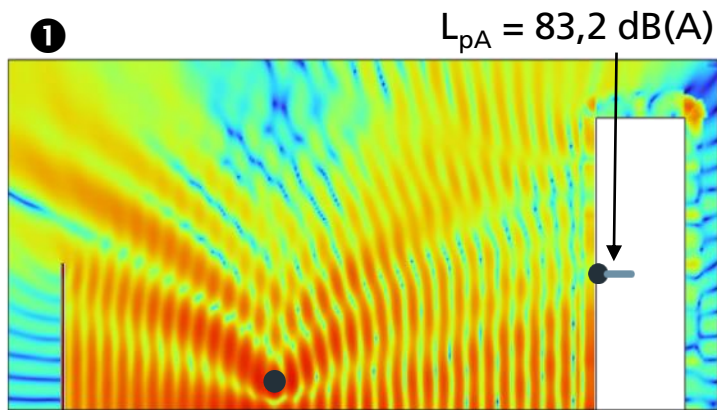


Nachbildung einer realen Lärmsituation durch Simulationen mit Comsol und Messungen im Halbfreifeldraum

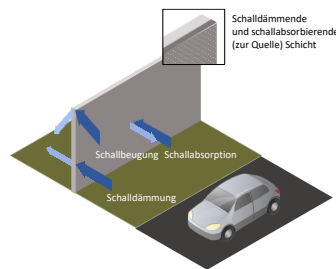
# Reflexionsindex und Schalldruckpegel vor einer Lärmschutzwand

Einfluss der Anordnung vorgesetzter PV Module auf eine hochabsorbierende LSW

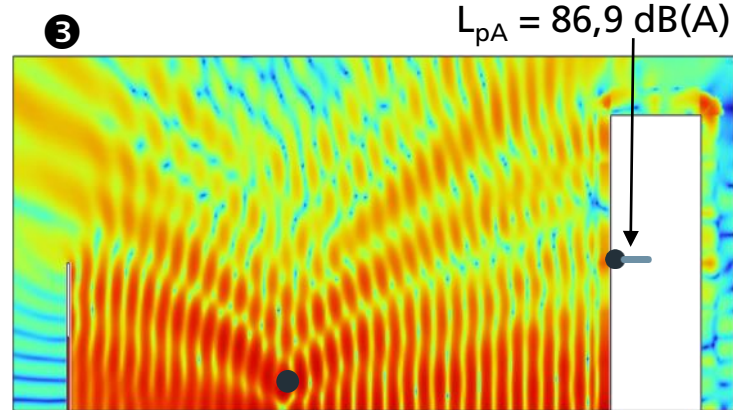
Simulationsergebnisse 500 Hz vor einer Gebäudefassade, Punktquelle: Verkehrslärm 88 dB(A)



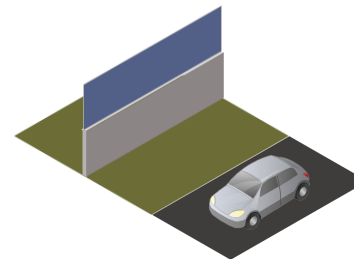
0 % Belegung



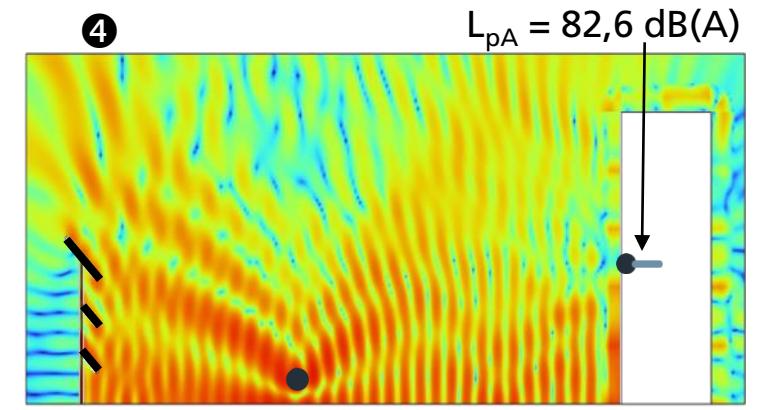
$DL_{\alpha,NRD} = 9 \text{ dB}$  (hochabsorbierend)



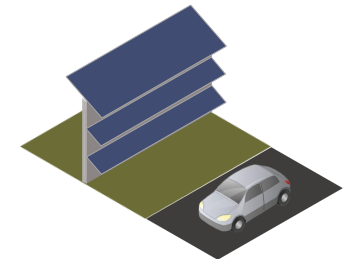
Flächenintegriert  
50 % Belegung



$DL_{\alpha,NRD} = 3-4 \text{ dB}$  (absorbierend)



Shed-Konstruktion

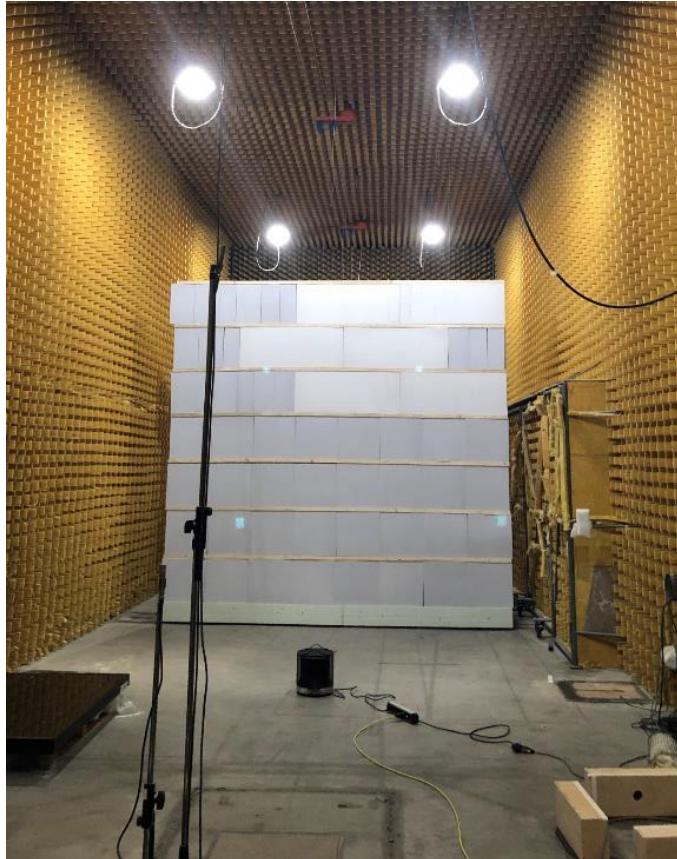


$DL_{\alpha,NRD} = 9-10 \text{ dB}$  (hochabsorbierend)



# Reflexionsindex und Schalldruckpegel vor einer Lärmschutzwand

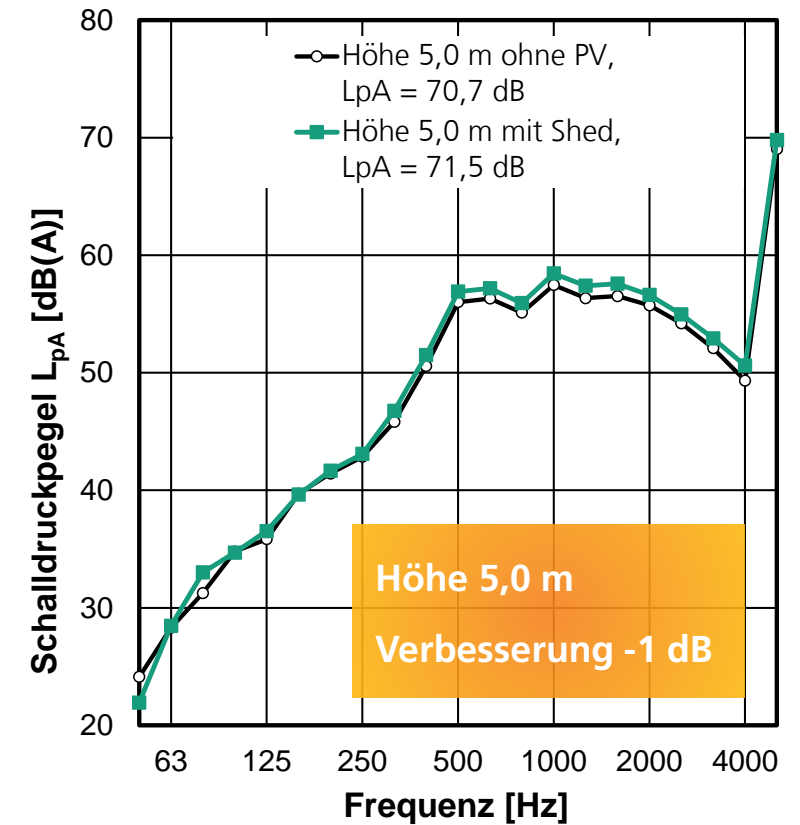
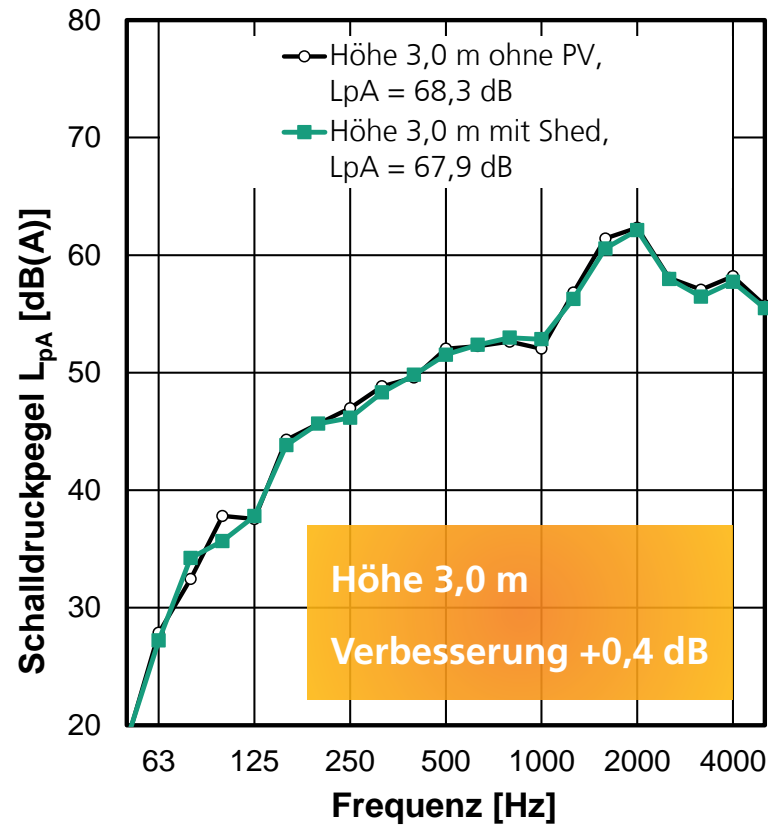
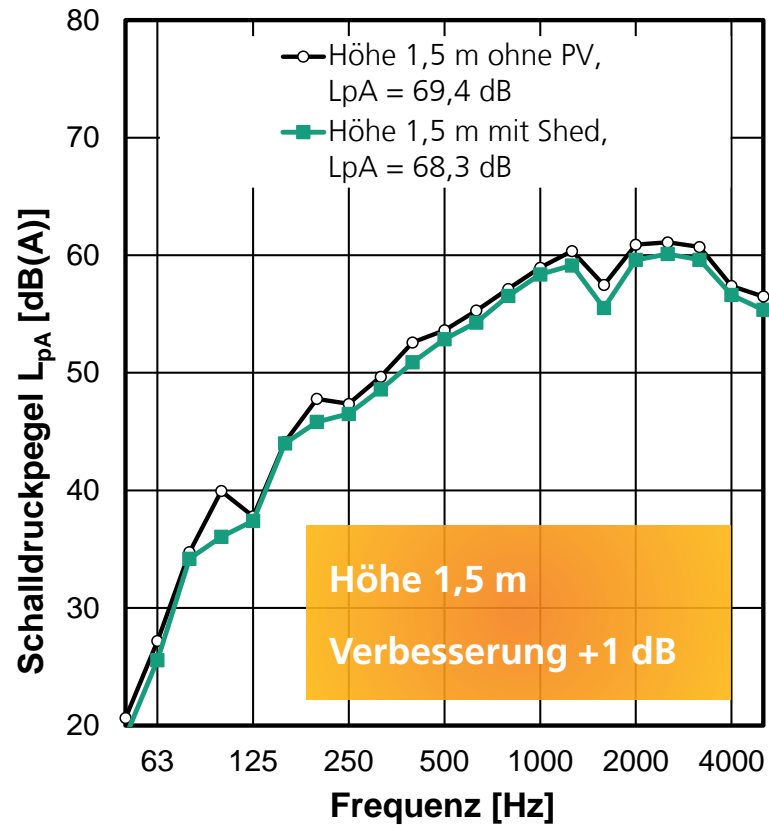
## Einfluss der Anordnung vorgesetzter PV Module auf eine hochabsorbierende LSW




# Reflexionsindex und Schalldruckpegel vor einer Lärmschutzwand

Einfluss der Anordnung vorgesetzter PV Module auf eine hochabsorbierende LSW

## Messergebnisse mit Vergleichsschallquelle







# Nachhaltigkeit von Lärmschutzbauwerken

© Shutterstock



# Betrachtete Systeme

3 Typen von Lärmschutzwänden, alle mit Betonsockel und Stahlträger

## Holzpalette



## Aluminiumpalette



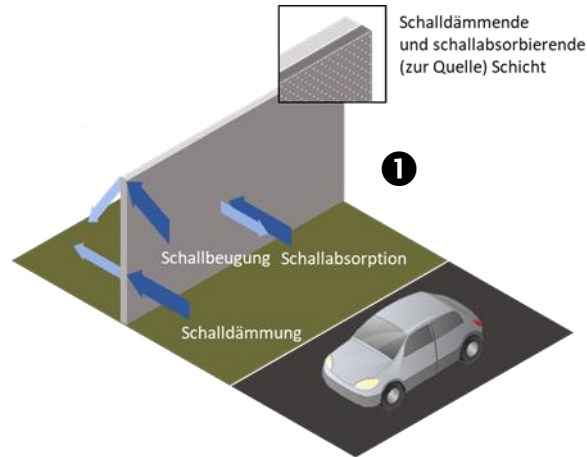
## Betonwand



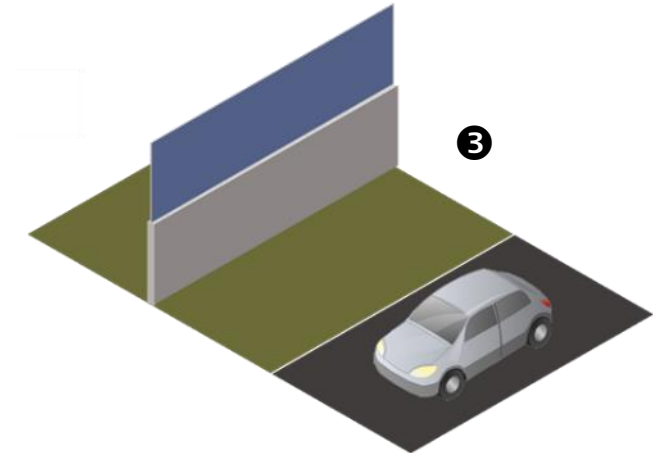
# Betrachtete Varianten

Gesamt: 12 Kombinationen aus 3 Systemen und 4 Varianten

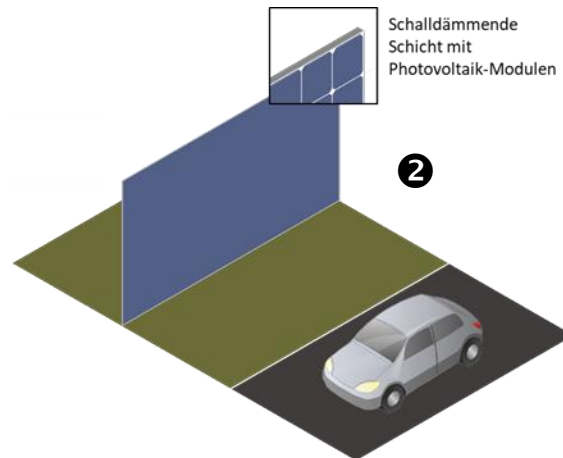
Variante ①  
Schallabsorbierende  
Lärmschutzwand



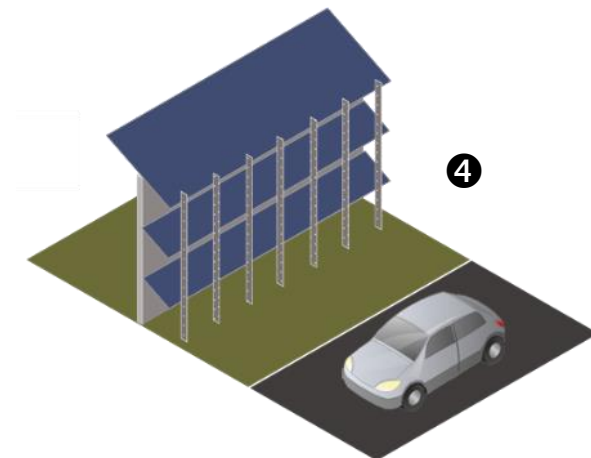
Variante ③:  
Kombination ①+②  
50 % absorbierend  
50 % PV



Variante ②:  
Reflektierende  
Lärmschutzwand  
mit 100 % PV



Variante ④:  
Schallabsorbierende  
Lärmschutzwand  
320 % PV  
in Shed-Anordnung



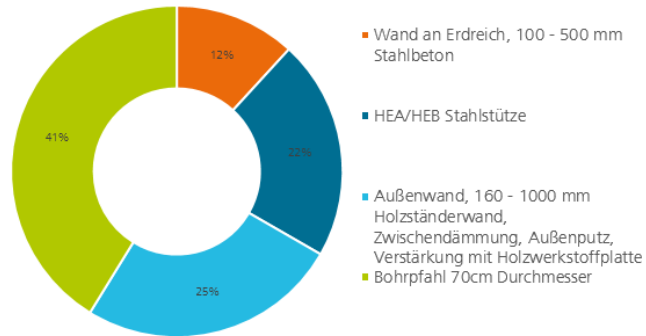
# CO<sub>2</sub>-Fußabdruck (GWP) der Basiskonstruktionen

Prozentualer Anteil der Komponenten aus GENERIS-Datenbank

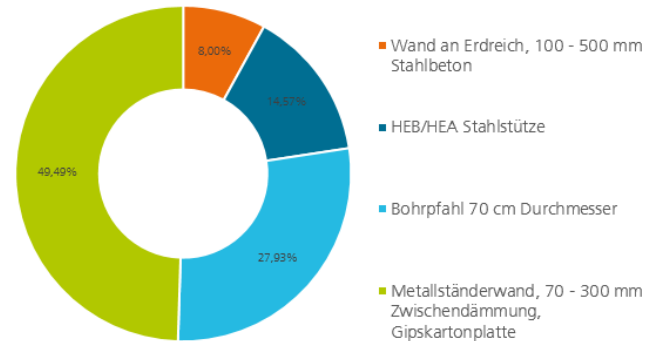
## Ausführung in

### 1 Ohne PV

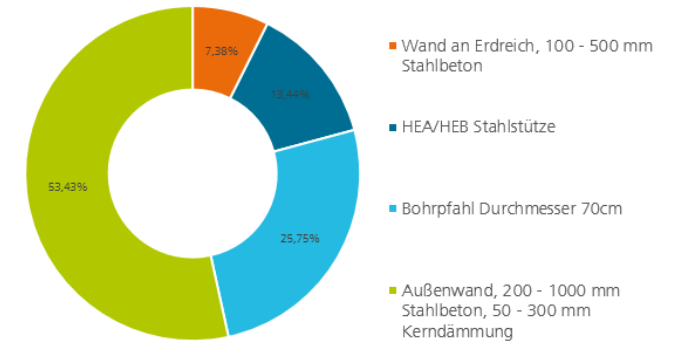
#### Holz



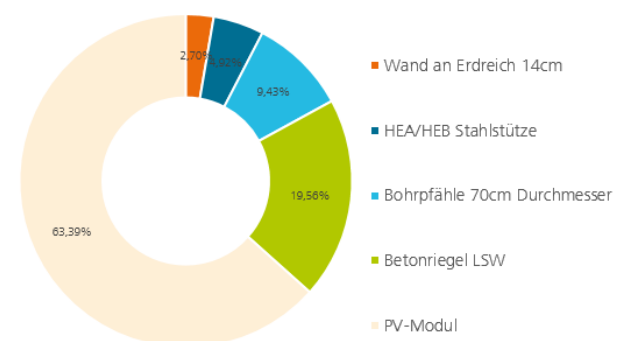
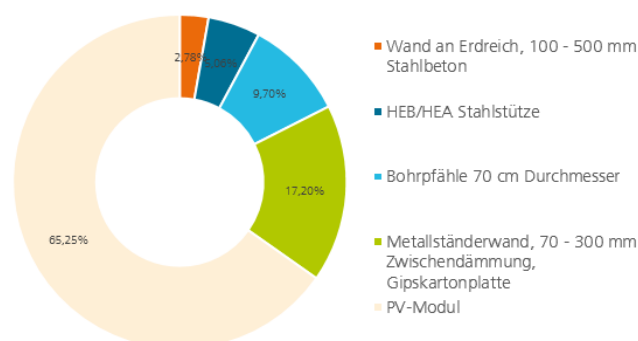
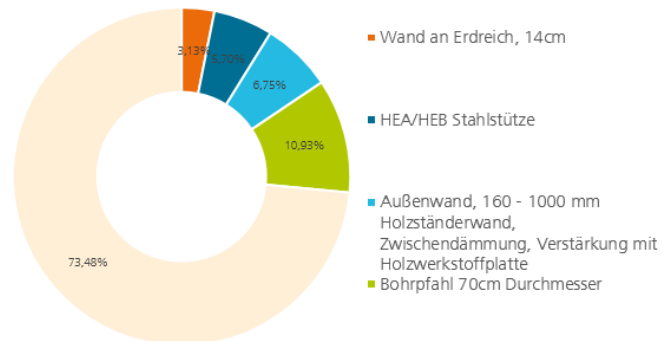
#### Aluminium



#### Beton



### 2 100 % PV





# Ertrag und Fußabdruck der PV-Elemente

## Basis der Ertragsrechnung

### ÖKOBAUDAT Prozess-Datensatz: Photovoltaiksystem 1000 kWh/(m<sup>2</sup>\*a)

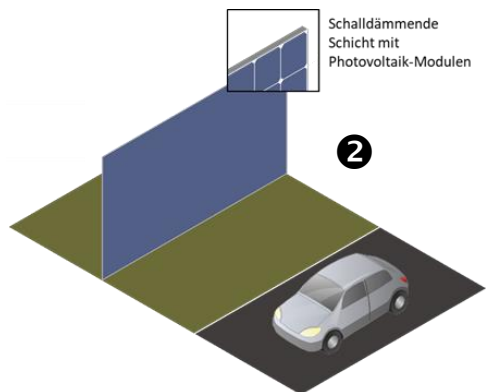
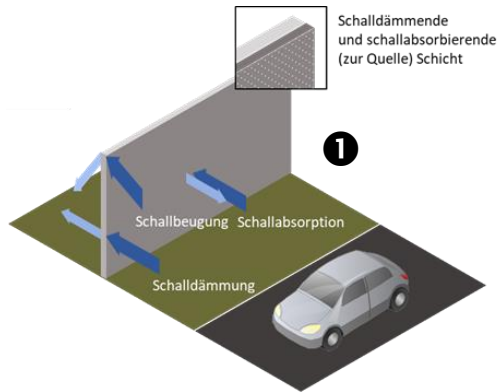
Sonneneinstrahlung in DE, konservative Annahme	1000 kWh/(m <sup>2</sup> *a)
Wirkungsgrad PV Modul	13,3 %
Nennleistung	165 Wp
Anlagen-Wirkungsgrad	75 %
<b>Ertrag pro Jahr</b>	100,7 kWh/m <sup>2</sup>
Modullebensdauer	20 a
<b>Stromertrag über Lebensdauer</b>	<b>2014 kWh/( m<sup>2</sup> Modul)</b>

## CO<sub>2</sub> Fußabdruck nach Verfahren CML 2011 Version 2016

Berechnungsgröße	Aluminiumrahmen	Mono c-Si PV Modul	Verpackungen	Transporte CN nach EU	<b>Gesamt</b>
Global Warming Potential [kg CO <sub>2</sub> eq.]	22,11	108,63	-0,60	0,98	<b>131,11</b>

# Betrachtete Varianten

Gesamt: 12 Kombinationen aus 3 Systemen und 4 PV-Varianten

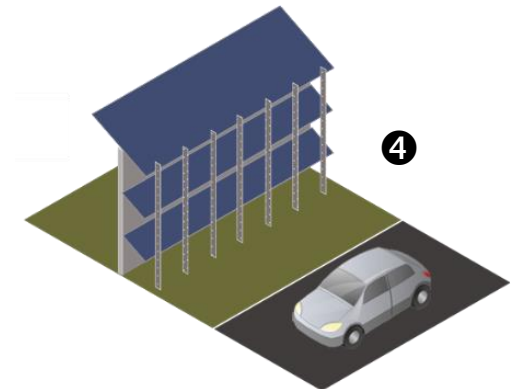
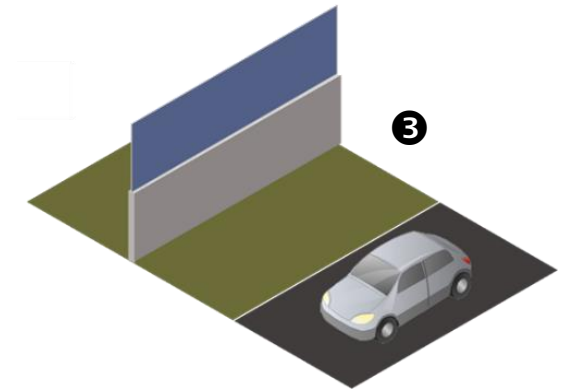


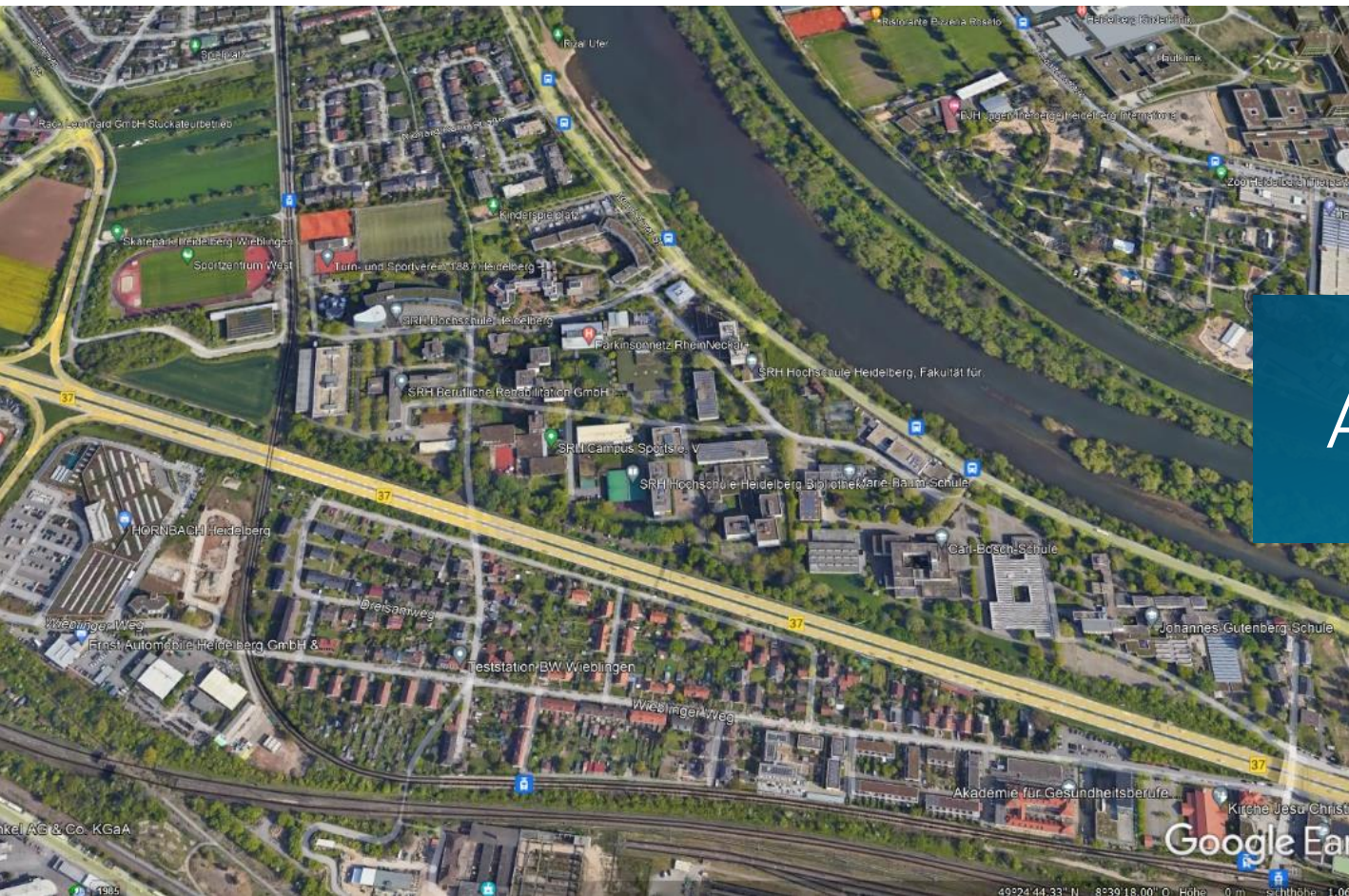
GWP-Neutralität in Jahren für einen jährlichen Stromertrag in Höhe von 100,7 kWh/m<sup>2</sup> PV-Modul

Jahre bis zur Klimaneutralität [a]		Konstruktion		
Variante	Anteil PV [%]	Beton	Alu	Holz
1	0%	-	-	-
3	44%	9,8 a	10,3 a	9,2 a
2	88%	8,4 a	8,9 a	7,8 a
4	320%	6,3 a	6,4 a	6,1 a

PV-Anteil jeweils abzüglich Sockelfläche

Umrechnungsfaktor nach GEG Anl. 9: 560g CO<sub>2</sub>-Äq./kWh Strom





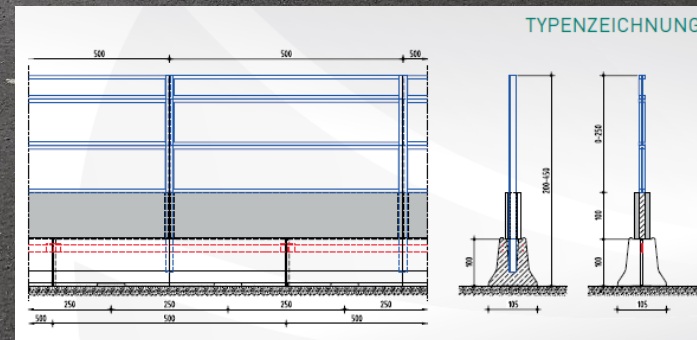
# Ausblick



# Pilotprojekt

## Kombination oder Nachrüstung einer Lärmschutzwand mit PV

- Freistehende Systemwand mit Sockel und aufgesetzten Schallschutzelementen aus Beton
- Nachrüstung mit PV-Elementen durch IBP zu beurteilen
- Gespräche mit den an der Umsetzung Beteiligten  
Verkehrsministerium, Baubehörde, Energieversorger, Hersteller







**Baden-Württemberg**

MINISTERIUM FÜR VERKEHR



Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP



# Kontakt

---

**Dr. Peter Brandstätt**  
**Abteilungsleitung Akustik**  
Tel. +49 711 970 - 3392  
[peter.brandstaett@ibp.fraunhofer.de](mailto:peter.brandstaett@ibp.fraunhofer.de)

**Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP**  
**Nobelstraße 12**  
**70569 Stuttgart**

[www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de)